

Medida cuantitativa del grado de blanco de los peinados de lana

por J. Cogorra, J. Ribé, D. Vidal y J. F. Fernández

Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial
Universidad Politécnica de Barcelona - TARRASA, España.

0. RESUMEN

En este trabajo se pretende encontrar un sistema para la determinación instrumental del grado de blanco de los peinados de lana sin blanqueadores ópticos, que permita establecer una clasificación similar a la efectuada por el examen visual del peinado por los expertos. Para ello se ha tomado como base la clasificación visual efectuada por 54 expertos de catorce peinados de lana y se han analizado sus características colorimétricas con siete aparatos y a través de ocho fórmulas que definen diferentes maneras de expresar el grado de blanco. Del análisis de los resultados obtenidos, se han elegido los tipos de aparatos y las fórmulas con los que se obtiene una clasificación análoga a la efectuada por los expertos.

1. INTRODUCCION

Dentro de la tendencia existente de ir sustituyendo las valoraciones cualitativas y subjetivas por determinaciones de tipo objetivo y cuantitativo, la Colorimetría ha efectuado grandes progresos en estos últimos años en el campo de la medida del color, tanto en lo que se refiere a especificación como al uso de fórmulas y métodos para el cálculo de las características cromáticas de un sustrato.

Los estudios realizados para obtener una fórmula que nos defina el grado de blanco son bastante numerosos, siendo todos ellos coincidentes en efectuar una representación de su espectro de emisión, de forma que nos permita obtener información suficiente para clasificar los diversos tipos de blanco existentes. Es criterio bastante general en reducir a dos los tres parámetros definidos por la C.I.E.; uno de estos parámetros nos debe dar una buena representación de la reflexión y dispersión de la luz del sustrato (claridad o luminosidad), el otro nos debe dar idea de la cantidad y naturaleza de la luz absorbida, o sea de su coloración o matiz.

En el caso que nos ocupa de los peinados de lana sin blanqueadores ópticos, es un hecho conocido que este tipo de sustrato presenta un grado de reflexión muy variado y que su matiz se encuentra dentro de la zona del amarillo. Dado que el aspecto visual de una lana, en cuanto a grado de blanco se refiere, es una característica comercial muy importante y que su determinación se ha venido efectuando mediante la apreciación visual por expertos, se decidió en el Comité Técnico de la Federación Lanera Internacional el crear un grupo de trabajo para evaluar el grado de blanco de los peinados de lana, con objeto de conocer cuál era el método más aconsejable, y qué relaciones de correspondencia existían entre éste y la valoración visual efectuada por los expertos.

Los primeros resultados del trabajo fueron presentados a dicho Comité en diciembre de 1970 (1) y se hallan resumidos en el apartado 2.1., en donde se

encuentra la clasificación visual dada a cada lote de peinado a través de un examen efectuado por 68 expertos de diferentes países.

El objeto de este trabajo, que podemos considerar como continuación del anterior, es el análisis colorimétrico de los mismos catorce peinados empleados en la valoración visual, mediante diferentes aparatos existentes en el mercado y posterior evaluación del grado de blanco por diferentes fórmulas. Del conjunto de los resultados obtenidos se eligieron aquellos que guardan un mismo orden de clasificación que el establecido por los expertos en la evaluación visual.

2. PLAN EXPERIMENTAL

2.1. Valoración visual (1)

Los peinados de lana debidamente etiquetados por orden alfabético de A a N fueron clasificados visualmente por 7 entidades diferentes y un total de 68 observadores.

Dada la dispersión de los resultados se procedió a una selección bajo un nivel de probabilidad del 95 %, tomándose como observadores dudosos catorce. La clasificación final se ha verificado, por tanto, con el promedio obtenido de 54 observadores, cuyos resultados podemos apreciar en la Tabla I.

TABLA I

<i>Lanas</i>	<i>Posición media</i>	<i>Ecartamiento tipo</i>	<i>Intervalo de confianza (al 95 %)</i>	<i>Clasificación tipo</i>
A	1,31	0,45	$\pm 0,12$	1
K	1,69	0,45	$\pm 0,12$	2
N	3,23	0,40	$\pm 0,11$	3
B	3,87	0,54	$\pm 0,14$	4
M	5,86	1,00	$\pm 0,27$	5,5
I	5,93	0,95	$\pm 0,26$	5,5
E	6,29	0,87	$\pm 0,23$	7
D	8,49	1,01	$\pm 0,27$	8
L	8,94	0,91	$\pm 0,25$	9
J	9,39	0,60	$\pm 0,16$	10
H	11	0	0	11
G	12,21	0,41	$\pm 0,11$	12
F	12,79	0,41	$\pm 0,11$	13
C	14	0	0	14

Podemos observar que existen diferencias entre las distintas lanas, a excepción de la M e I, consideradas visualmente de igual grado de blanco.

La conformidad de los valores individuales con la clasificación promedia se ha establecido por el test de correlación de rangos de Spearman, observándose coeficientes bastante elevados (0,96 — 0,99).

2.2. Medición instrumental

En la medición instrumental de blancos es conveniente tener en cuenta las características propias de cada aparato y las técnicas operatorias dadas por los constructores, ya que si en la especificación del color se encuentran resultados no comparables (2), en la especificación de blancos estas diferencias se acentúan, como podremos observar.

Los aparatos que se han elegido para este estudio son:

Espectrofotómetro PMQII Zeiss
» Beickman DU-2
» Hitachi Perkin-Elmer Mod. 139

Colorímetro Color-Eye Signature D-1
» Elrepho
» Colormaster V
» Harrison
» Cotton Colorimeter.

En la tabla II se pueden apreciar las características de construcción más importantes del instrumental utilizado, así como las fórmulas para calcular los valores tristímulos C.I.E.

El Cotton Colorimeter nos proporciona en el espacio cromático de Hunter la luminosidad (L) y el factor de coloración de blanco (b). Como quiera que el sistema de medición del Cotton Colorimeter no pretende una gran precisión, se efectuaron tres determinaciones por muestra, tomando el valor medio en la tabla de los resultados.

En los aparatos utilizados se procedió a la medición de los peinados previamente situados en un portamuestras con tapa de vidrio plano paralelo correspondiente a la referencia 505868 de los accesorios del Elrepho (3).

Se pudo comprobar que la compacidad y opacidad de la muestra presentaban diferentes resultados según el peso de la muestra, por lo que se adoptó una cantidad de materia de 3,5 gr. para todas las mediciones, con lo que se consiguió una regularidad en la medición (4). En el Hitachi-139 de Perkin-Elmer se utilizó 1 gr. de materia y su portamuestras propio siendo suficiente esta cantidad para conseguir la regularidad en la medición.

2.3. Fórmulas del grado de blanco

Teniendo en cuenta las especificaciones de la CIE, el blanco patrón tendría un espectro visible completamente horizontal, cuya reflexión sería 100 %, por lo tanto sería interesante reunir en una fórmula todos aquellos parámetros que nos determinen una diferencia de este espectro teórico.

Prácticamente se ha podido comprobar, que las diferencias apreciables al ojo humano son las comprendidas entre 420 y 650 nm., teniendo especial importancia la zona de máxima reflexión entre 430 y 540 nm. (5) y (6). Esto es debido, en

TABLA II

Características colorimétricas	Espectrofotómetro				Colorímetro			
	Beckman DU-2	Hitachi 139	PMQ II	Colormaster V	Harrison	Color-Eye Signature D-1	Elrepho	Cotton-Colorimeter
Iluminación	A	C	C	C	C	C	C	A
Geometría de medición	0°/45° directa	0°/d directa	d/0° inversa	45°/0° directa	45°/0° inversa	d°/40° inversa	d/0° inversa	45°/0° inversa
Esfera Integral	no	si	si	no	no	si	si	no
Standards	MgO	Alúmina	Vitrolite mate	Vitrolite brillante	Vitrolite mate	Vitrolite brillante	Vitrolite mate	Vitrolite de color
Referencia	—	—	MgO	BaSO ₄	MgO	BaSO ₄	MgO	—
Área de medida mm.	25	22	52	32 × 45	62	27	34	127 × 178
Especificación	Espectral	Espectral	Espectral	Colorimétrica	Colorimétrica	Colorimétrica	Colorimétrica	Índice de amarillo
Reproducción %	± 0,15	± 1	± 0,1	± 0,3	± 0,3	± 0,3	± 0,15	± 1
X _{CIE}	Integración numérica			0,7832R + 0,1972B	1,967 (R + B ₁)	(4X + X) : 5	0,798R _s + 0,202R _s	
Y _{CIE}	Integración numérica			Y		G	2G	
Z _{CIE}	Integración numérica			Z	R _y R ₂	1,181 B	5,0376 (B ₁ + B ₂)	

primer lugar, a que la luz diurna posee mayor radiación de estas longitudes de onda y además, que el grado de apreciación del ojo humano, es mayor en esta zona del espectro visible, de aquí que sea de un gran interés la luminosidad del blanco (Y_{CIE}).

De todo ello podemos deducir que entre dos blancos existirá mayor o menor diferencia según sea el valor de su luminosidad o grado de reflexión de la luz, siempre y cuando su coloración sea muy parecida, ya que si es muy diferente, su absorción selectiva puede influir de distinto modo en la valoración visual.

Teniendo presente las consideraciones anteriores se han seleccionado fórmulas para hallar el grado de blanco. Para su cálculo se han utilizado los valores triestímulos 1931 CIE X, Y, Z obtenidos a partir de las reflectancias de cada muestra medidas con cada uno de los 8 aparatos.

En aquellas fórmulas que dan el grado de blanco en función de las reflectancias, se han establecido los siguientes criterios: a) Fórmulas indicadas mediante el signo (I), que corresponden a la misma expresión matemática pero sustituyendo los valores de R_x , R_y y R_z por los valores de X, Y, Z respectivamente; b) Fórmulas indicadas por (II) en las cuales se han realizado la transformación de las reflectancias a valores triestímulos, según las ecuaciones siguientes (7).

$$\begin{aligned} X &= 0,782 R_x + 0,198 R_z \\ Y &= R_y \\ Z &= 1,191 R_z \end{aligned}$$

También distinguiremos las fórmulas en dos grupos:

En el grupo A figuran aquellas fórmulas en las cuales intervienen coeficientes fijos. En las del grupo B se han incluido aquellas expresiones que contienen constantes que pueden modificarse, en estas últimas se realizará una optimización de dichas constantes para encontrar la mejor correspondencia entre la observación visual y la ordenación según el grado de blanco calculado.

A) FORMULAS CON COEFICIENTES FIJOS

2.3.1. Fórmula de Berger (8) (6 pág. 469) (1959):

$$\begin{aligned} \text{Fórmula I} \quad W &= 3Z - 3X + Y & (1) \\ \text{Fórmula II} \quad W &= 3,180Z - 3,831X + Y & (2) \end{aligned}$$

Con esta fórmula se trata de evitar las confusiones producidas por los blancos amarillentos y azulados (9); como se ve, esta fórmula da un valor absoluto que sitúa el blanco en planos paralelas.

2.3.2. Fórmula simple de Croes (1959):

$$W = Z - X + Y \quad (3)$$

Tiene el mismo significado que la fórmula anterior, si bien da más peso a la luminosidad de la muestra.

2.3.3. Fórmula de Stephansen (11) (12) (1939):

$$\begin{aligned} \text{Fórmula I} \quad W &= 2Z - X & (4) \\ \text{Fórmula II} \quad W &= 1,917Z - 1,278X & (5) \end{aligned}$$

Semejante a las fórmulas anteriores tendiendo a acentuar más los azulados y rojizos. Presenta el inconveniente de no hacer intervenir la luminosidad Y.

2.3.4. Índice de amarillo (13) (14):

$$\text{Fórmula I} \quad YI = 100 \frac{X - Z}{Y} \quad (6)$$

$$\text{Fórmula II} \quad YI = 100 \frac{1.278X - 1.071Z}{Y} \quad (7)$$

Esta fórmula tiene buena aplicación para lanas con diferencia de matices azulados y amarillos, sin embargo puede no dar buenos resultados para blancos grisáceos o blancos puros.

2.3.5. Fórmula de Taube (9) (6 pág. 469):

$$\text{Fórmula I} \quad W = 4Z - 3Y \quad (8)$$

$$\text{Fórmula II} \quad W = 3.388Z - 3Y \quad (9)$$

Esta fórmula da una preferencia que es intermedia entre los matices blanco violáceos y azul-amarillentos.

2.3.6. Fórmula de Stensby (15) (1967):

$$W = L + 3a - 3b \quad (10)$$

siendo L, a y b las coordenadas Hunter, cuyas coordenadas tristímulos son:

$$\begin{aligned} L &= 10 Y^{1/2} \\ a &= 17,5 (1.02X - Y) : Y^{1/2} \\ b &= 7 (Y - 0.847Z) : Y^{1/2} \end{aligned}$$

Esta fórmula valora más las muestras blancas de matiz violeta, y acusa rápidamente la disminución del grado de blanco.

2.3.7. Fórmula de Hunter (16) (1958):

$$W = L - 3b$$

Siendo L y b las coordenadas de Hunter, cuya relación con los valores tristímulos 1931 CIE vienen dados en la fórmula anterior.

Análogamente a la fórmula de Taube se acercan más al matiz neutro, es decir, que las líneas del mismo grado de blancura se encuentran en precisión intermedia de la fórmula Berger/Croes y la de Stensby (9).

2.3.8. Fórmula de Croes (6 pág. 469) (1959):

$$W = Y - 13,2 Y\Delta S \quad (12)$$

Siendo ΔS la distancia sobre el diagrama cromático de espacio uniforme (UCS) de McAdams (CIE - UCS 1960) entre el punto representativo del blanco standard de MgO y el punto representativo de la muestra, es decir:

teniendo S el mismo significado que el indicado en la fórmula 3.3.8.

$$\Delta Y = Y_{\text{MRO}} - Y_{\text{muestra}}$$

El valor de k es del orden de 10^6 .

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos los vamos a clasificar en tres grupos. En el primero de ellos incluimos los resultados de los valores triestímulos coordenadas cromáticas y longitud de onda dominante de cada muestra y para cada aparato. En el segundo grupo figuran los valores del grado de blanco calculado según las fórmulas de coeficiente constantes y en el tercer grupo se indican los resultados del grado de blanco determinado por las fórmulas con coeficiente optimizables.

3.1. Valores triestímulos, coordenadas cromáticas y longitud de onda dominante

Los valores triestímulos se han determinado para los espectrofotómetros Beckman, Hitachi y PMQ II a partir de las reflectancias correspondientes y de las tablas de Distribución relativa de energía espectral CIE, tomando la longitud de onda en intervalos de 10 nm., iluminante C (6 pág. 283). Para los colorímetros se han utilizado las fórmulas propias para cada caso.

La longitud de onda dominante se ha determinado a partir de la relación

$$\frac{x - x_w}{y - y_w}$$

siendo para el iluminante C: $x_w = 0,3101$ y $y_w = 0,3163$ (6 tabla 3,29); x e y las coordenadas cromáticas.

En las tablas III, IV y V se dan los resultados de los valores triestímulos, coordenadas cromáticas y longitud de onda dominante respectivamente, de cada aparato y para cada muestra ordenadas estas últimas según dé más blanco o menos blanco de acuerdo con la observación visual.

3.2. Fórmulas con coeficientes fijos

Estas fórmulas se han calculado a partir de los valores triestímulos que figuran en la tabla III y según las expresiones dadas en 2.3.1.

Los valores de los grados de blanco calculados según las fórmulas 1 a 12 se indican respectivamente en las tablas VI a XVII. Igualmente se han ordenado las lanas según la clasificación visual.

3.3. Fórmulas con coeficientes optimizables

Como se ha indicado anteriormente, en este grupo hemos incluido las fórmulas de Jacquemart, de Selling y de McAdam.

El criterio seguido es el de calcular el grado de blanco para diferentes valores de k para cada aparato que den el mínimo de inversiones con respecto a la clasificación visual. Con los valores de k de mínima inversión se han trazado las gráficas grado de blanco-ordenación visual, distribuyendo la ordenación visual en una escala equiespaciada. Del análisis visual de dichas curvas se han elegido

donde,

$$\Delta S = [(\Delta V)^2 + (\Delta U)^2]^{1/2}$$

$$\Delta U = \frac{4x}{X + 15Y + 3Z} - 0,2009$$

$$\Delta V = \frac{6Y}{X + 15Y + 3Z} - 0,3073$$

B) FORMULAS CON COEFICIENTES OPTIMIZABLES

2.3.9. Fórmula de Jacquemart (17) (18).

Esta fórmula está basada en el factor de coloración (FC) y la tonalidad media (TM), siendo el (FC) la diferencia entre las reflectancias R_x y R_z , y la TM corresponde al factor de iluminación Y del sistema CIE. En este trabajo se han sustituido los valores de R_x y R_z por los valores triestímulos X y Z. La expresión aplicada por nosotros será:

$$W = \sqrt{(100 - Y)^2 + k (X - Z)^2} \quad (13)$$

según Ponchel y Nguyen Minh (18) el valor de k vale 2,35 cuando se utilizan los coeficientes de reflexión difusa dados por el Elrepho.

Esta fórmula expresa la distancia en % del punto figurativo de la muestra examinada al blanco ideal en el espacio cromático.

2.3.10. Fórmula de McAdams (1934) (6 pág. 469).

La expresión de esta fórmula es:

$$W = 100 (Y - kp^2)^{1/2} \quad (14)$$

en que p es la pureza de color es decir la relación de la distancia, sobre el diagrama cromático, del blanco CIE 1931 al punto representativo de la muestra, respecto a la distancia del blanco al punto representativo de la longitud de onda dominante de la muestra; o sea que viene dado por:

$$p_c = \frac{\sqrt{(x - x_w)^2 + (y - y_w)^2}}{\sqrt{(x_d - x_w)^2 + (y_d - y_w)^2}}$$

siendo x e y las coordenadas cromáticas de la muestra y x_d y y_d las coordenadas cromáticas de la longitud de onda dominante:

$$\left. \begin{array}{l} x_w = 0,3101 \\ y_w = 0,3163 \end{array} \right\} \text{coordenadas cromáticas del blanco, correspondiente al iluminante C}$$

2.3.11. Fórmula de Selling (1950) (20).

Esta fórmula viene dada por la expresión:

$$W = 100 - [(\Delta Y)^2 + k (\Delta S)^2]^{1/2} \quad (15)$$

TABLA III
VALORES TRISTIMULUS

<i>Valores tristimulus</i>		<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	X	78.35	61.71	67	65.89
	Y	80.8	64.26	68.62	66.98
	Z	79.42	64.94	66.81	66.99
K	X	77.87	61.39	65.16	64.02
	Y	80.28	63.71	66.69	64.19
	Z	79.64	63.66	64.72	63.6
N	X	76.63	57.08	64.87	65.19
	Y	78.83	59.22	66.56	65.38
	Z	75.54	57.6	62.58	63.65
B	X	75.48	58.17	64.3	65.38
	Y	77.47	60.61	65.7	65.45
	Z	72.58	59.19	61.88	63.71
M	X	72.88	57.74	61.9	61.82
	Y	74.82	59.78	63.36	61.82
	Z	72.9	58.98	60.23	60.57
I	X	70.7	53.63	59.92	60.95
	Y	73.13	55.71	61.49	60.81
	Z	70.72	54.64	58.39	59.16
E	X	73.24	55.55	61.67	57.42
	Y	75.49	57.59	63.08	57.23
	Z	71.44	55.55	59.29	54.6
D	X	74.62	56.76	63.28	63.94
	Y	77.19	59.12	64.86	63.92
	Z	70.21	56.07	58.96	60.35
L	X	69.76	53.48	57.62	54.47
	Y	71.48	55.33	58.78	54.12
	Z	66.92	52.59	54.54	51.02
J	X	70.81	54.46	59.09	58.25
	Y	73.19	56.53	60.57	58.14
	Z	67.39	53.35	55.12	54.03
H	X	67.2	52.92	57.23	60.63
	Y	69.02	55.05	58.68	60.42
	Z	62.41	49.77	52.09	56.47
G	X	65.09	50.13	55.08	54.46
	Y	66.97	51.92	56.18	53.96
	Z	59.08	46.43	49.14	48.88
F	X	63.14	50.38	52.87	51.4
	Y	64.62	52.01	53.81	50.62
	Z	57.48	47.37	47.41	45.38
C	X	63.2	48.33	52.51	49.57
	Y	64.85	50.01	53.44	48.64
	Z	54.1	43.19	44.92	41.64

TABLA III (cont.)
VALORES TRISTIMULUS

<i>Valores tristimulus</i>		<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	X	67.33	64.41	63.26
	Y	67.82	66.37	64.8
	Z	66.44	65.95	62.95
K	X	66.74	62.2	62.85
	Y	67.22	64.17	64.32
	Z	65.29	62.95	62.18
N	X	65.26	61.68	62.11
	Y	65.82	63.55	63.5
	Z	62.16	60.82	59.97
B	X	64.02	61.74	61.6
	Y	64.42	63.58	63
	Z	60.15	60.83	58.88
M	X	62.25	59.31	59.28
	Y	62.7	61.17	60.68
	Z	59.34	58.65	57.41
I	X	59.99	58.04	59.23
	Y	60.56	59.87	60.7
	Z	57.13	57.71	57.2
E	X	61.78	59.22	59.33
	Y	61.98	61	60.75
	Z	57.98	57.73	56.51
D	X	64.48	60.9	62.38
	Y	64.76	62.8	63.86
	Z	59.39	57.66	57.47
L	X	58.24	54.97	55.12
	Y	58.22	56.63	56.2
	Z	53.9	52.61	51.74
J	X	60.07	57.44	56.49
	Y	60.24	59.26	57.62
	Z	54.41	54.15	51.7
H	X	58.97	55.55	55.02
	Y	59.16	57.35	56.2
	Z	52.59	51.65	49.65
G	X	56.92	54.82	53.09
	Y	56.96	56.47	54.15
	Z	49.77	50.32	47.06
F	X	54.72	51.06	51.42
	Y	54.6	52.51	52.24
	Z	47.5	46.26	45.42
C	X	53.62	50.9	50.01
	Y	53.4	52.23	50.7
	Z	44.03	43.65	41.2

TABLA IV
COORDENADAS CROMATICAS

		<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	X	.3284	.3232	.3309	.3296
	Y	.3386	.3365	.3389	.3351
	Z	.3329	.3401	.33	.3351
K	X	.3274	.3252	.3314	.3337
	Y	.3376	.3375	.3392	.3346
	Z	.3349	.3372	.3292	.3315
N	X	.3317	.3282	.3343	.3356
	Y	.3412	.3405	.343	.3366
	Z	.327	.3312	.3225	.3277
B	X	.3346	.3268	.3351	.336
	Y	.3435	.3405	.3424	.3364
	Z	.3218	.3325	.3224	.3274
M	X	.3303	.3271	.3337	.3355
	Y	.3391	.3386	.3415	.3355
	Z	.3304	.3341	.3247	.3288
I	X	.3295	.327	.3332	.3368
	Y	.3408	.3397	.3419	.3361
	Z	.3296	.3332	.3247	.3269
E	X	.3326	.3293	.335	.3392
	Y	.3428	.3413	.3427	.3381
	Z	.3244	.3293	.3221	.3225
D	X	.336	.33	.3382	.3397
	Y	.3476	.3438	.3466	.3396
	Z	.3162	.326	.3151	.3206
L	X	.3351	.3313	.337	.3412
	Y	.3433	.3428	.3438	.339
	Z	.3214	.3258	.319	.3196
J	X	.3349	.3313	.338	.3418
	Y	.3462	.3439	.3465	.3411
	Z	.3187	.3246	.3153	.317
H	X	.3383	.3354	.3406	.3415
	Y	.3474	.3489	.3492	.3403
	Z	.3142	.3155	.31	.3181
G	X	.3405	.3376	.3433	.3462
	Y	.3503	.3496	.3502	.343
	Z	.309	.3127	.3063	.3107
F	X	.3408	.3364	.3431	.3487
	Y	.3488	.3472	.3492	.3434
	Z	.3103	.3163	.3076	.3078
C	X	.3469	.3414	.348	.3544
	Y	.356	.3533	.3542	.3478
	Z	.297	.3051	.2977	.2977

TABLA IV (cont.)
COORDENADAS CROMATICAS

		<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	X	.3339	.3274	.3311
	Y	.3364	.3373	.3392
	Z	.3295	.3352	.3295
K	X	.3349	.3285	.3319
	Y	.3373	.3389	.3396
	Z	.3276	.3325	.3283
N	X	.3377	.3315	.3346
	Y	.3406	.3415	.3421
	Z	.3216	.3269	.3231
B	X	.3394	.3316	.3357
	Y	.3415	.3415	.3433
	Z	.3189	.3267	.3209
M	X	.3377	.3311	.3342
	Y	.3402	.3414	.3421
	Z	.3219	.3274	.3236
I	X	.3376	.3304	.3343
	Y	.3408	.3409	.3426
	Z	.3215	.3286	.3229
E	X	.3399	.3327	.3359
	Y	.341	.3427	.344
	Z	.319	.3244	.32
D	X	.3418	.3357	.3395
	Y	.3433	.3462	.3476
	Z	.3148	.3179	.3128
L	X	.3418	.3347	.338
	Y	.3417	.3448	.3446
	Z	.3163	.3203	.3173
J	X	.3438	.3362	.3406
	Y	.3447	.3468	.3475
	Z	.3114	.3169	.3118
H	X	.3454	.3375	.342
	Y	.3465	.3485	.3493
	Z	.308	.3138	.3086
G	X	.3478	.3392	.344
	Y	.348	.3494	.3509
	Z	.3041	.3113	.3049
F	X	.3489	.3407	.3449
	Y	.3481	.3504	.3504
	Z	.3028	.3087	.3046
C	X	.3549	.3467	.3524
	Y	.3535	.3558	.3572
	Z	.2914	.2973	.2903

TABLA V
VALORES DE ONDA DOMINANTE

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	574.8	571.8	576.4	578.1
K	574.8	573	576.6	581.1
N	575.6	573.6	576.2	580.8
B	576.2	572.6	577	581.1
M	575.9	573.9	576.6	581.5
I	574.4	573.2	576.2	581.8
E	575.3	574	576.8	581.6
D	575	573.3	576.5	580.9
L	576.5	574.6	577.3	582
J	575.1	574	576.5	581
H	576.2	574.1	576.5	581.3
G	576	575	577.3	581.8
F	576.8	575.3	577.6	583
C	576.8	575.3	577.6	582

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	580	574.9	576
K	579.9	574.8	577
N	579.4	575.3	578
B	579.7	575.4	577
M	579.6	576.1	578
I	579.2	575	578
E	580.2	575.5	577
D	579.8	575.5	577
L	580.7	575.6	577
J	579.9	575.4	577
H	579.8	575.4	577
G	580	575.8	577
F	580.3	576.1	576
C	580.2	576.6	577

TABLA VI
FORMULA DE BERGER (I)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	84.01	73.95	68.05	70.28
K	85.59	70.52	65.37	62.93
N	75.56	60.78	59.69	60.76
B	68.77	63.67	58.44	60.44
M	74.88	63.5	58.35	58.07
I	73.19	58.74	56.9	55.44
E	70.09	57.59	55.94	48.77
D	63.96	57.05	51.9	53.15
L	62.96	52.66	49.54	43.77
J	62.93	53.2	48.66	45.48
H	54.65	45.6	43.26	47.94
G	48.94	40.82	38.36	37.22
F	47.64	42.98	37.43	32.56
C	37.55	34.59	30.67	24.85

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	65.15	70.99	63.87
K	62.87	66.42	62.31
N	56.52	60.97	57.08
B	52.81	60.85	54.84
M	53.97	59.19	55.07
I	51.98	58.88	54.61
E	50.58	56.53	52.29
D	49.49	53.08	49.13
L	45.2	49.55	46.06
J	43.26	49.39	43.25
H	40.02	45.65	40.09
G	35.51	42.97	36.06
F	32.94	38.11	34.24
C	24.63	30.48	24.27

TABLA VII
FORMULA DE BERGER (II)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	33.2	34.36	24.4	27.58
K	35.22	30.96	22.87	21.18
N	25.48	23.71	17.05	18.04
B	19.11	25.98	16.15	17.58
M	27.44	26.13	17.75	17.6
I	27.17	24.01	17.62	15.44
E	22.09	21.43	15.36	10.88
D	14.59	19.98	9.93	10.88
L	17.04	17.68	11.47	7.69
J	16.22	17.55	9.48	6.8
H	10.04	10.58	5.08	7.72
G	5.48	7.52	1.43	.76
F	5.52	9.64	2.03	—1.99
C	—5.23	2.2	—4.88	—8.85

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	21.16	29.34	22.63
K	19.16	26.06	21.27
N	13.48	20.66	16.26
B	10.44	20.49	14.25
M	12.92	20.46	16.14
I	12.41	21.04	15.69
E	9.68	17.71	13.16
D	6.6	12.85	7.64
L	6.5	13.34	9.57
J	3.14	11.4	5.61
H	.48	8.78	3.31
G	—2.83	6.47	.41
F	—3.98	4.01	—3.1
C	—12	—3.96	—9.87

TABLA VIII
FORMULA SIMPLE DE CROES

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	81.87	67.49	68.43	68.08
K	82.05	65.98	66.25	63.77
N	77.74	59.74	64.27	63.84
B	74.57	61.63	63.28	63.78
M	74.84	61.02	61.69	60.57
I	73.15	56.72	59.96	59.02
E	73.69	57.59	60.7	54.41
D	72.78	58.43	60.54	60.33
L	68.64	54.44	55.7	50.67
J	69.77	55.42	56.6	53.92
H	64.23	51.9	53.54	56.26
G	60.96	48.22	50.24	48.38
F	58.96	49	48.35	44.6
C	55.75	44.87	45.85	40.71
	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>	
A	66.93	67.91	64.49	
K	65.77	64.92	63.65	
N	62.72	62.69	61.36	
B	60.55	62.67	60.28	
M	59.79	60.51	58.81	
I	57.7	59.54	58.67	
E	58.18	59.51	57.93	
D	59.67	59.56	58.95	
L	53.88	54.27	52.82	
J	54.58	55.97	52.83	
H	52.78	53.45	50.83	
G	49.81	51.97	48.12	
F	47.38	47.71	46.24	
C	43.81	44.98	41.89	

TABLA IX
FORMULA DE STEPHANSEN (1)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	80.49	68.17	66.62	68.09
K	81.41	65.93	64.28	63.18
N	74.45	58.12	60.29	62.11
B	69.68	60.21	59.46	62.04
M	72.92	60.22	58.56	59.32
I	70.74	55.65	56.86	57.37
E	69.64	55.55	56.91	51.78
D	65.8	55.38	54.64	56.76
L	64.08	51.7	51.46	47.57
J	63.97	52.24	51.15	49.81
H	57.62	46.62	46.95	52.31
G	53.07	42.73	43.2	43.3
F	51.82	44.36	41.95	39.36
C	45	38.05	37.33	33.71

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	65.55	67.49	62.64
K	63.84	63.7	61.51
N	59.06	59.96	57.83
B	56.28	59.92	56.16
M	56.43	57.99	55.54
I	54.27	57.38	55.17
E	54.18	56.24	53.69
D	54.3	54.42	52.56
L	49.56	50.25	48.36
J	48.75	50.86	46.91
H	46.21	47.75	44.28
G	42.62	45.82	41.03
F	40.28	41.46	39.42
C	34.44	36.4	32.39

TABLA X
FORMULA DE STEPHANSEN (II)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	52.12	45.62	42.45	44.21
K	53.15	43.58	40.79	40.1
N	46.88	37.47	37.06	38.7
B	42.67	39.13	36.45	38.58
M	46.61	39.27	36.35	37.11
I	45.22	36.21	35.36	35.52
E	43.35	35.5	34.84	31.29
D	39.23	34.95	32.15	33.98
L	39.13	32.47	30.91	28.19
J	38.69	32.67	30.15	29.13
H	33.76	27.78	26.72	30.77
G	30.07	24.94	23.81	24.1
F	29.5	26.42	23.32	21.3
C	22.94	21.03	19	16.47

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	41.32	44.11	39.83
K	39.87	41.18	38.88
N	35.76	37.76	35.59
B	33.49	37.71	34.15
M	34.2	36.63	34.3
I	32.85	36.45	33.96
E	32.19	34.99	32.51
D	31.45	32.7	30.45
L	28.9	30.6	28.74
J	27.53	30.4	26.91
H	25.45	28.02	24.86
G	22.67	26.4	22.37
F	21.13	23.43	21.36
C	15.88	18.63	15.07

TABLA XI
INDICE DE AMARILLO (I)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	—1.32	—5.03	.28	—1.64
K	—2.2	—3.56	.66	.65
N	1.38	— .88	3.44	2.36
B	3.74	—1.68	3.68	2.55
M	—2.80	—2.07	2.64	2.02
I	—2.80	—1.81	2.49	2.94
E	2.38	0	3.77	4.93
D	5.71	1.17	6.66	5.62
L	3.97	1.61	5.24	6.37
J	4.67	1.96	6.55	7.26
H	6.94	5.72	8.76	6.89
G	8.97	7.13	10.57	10.34
F	8.76	5.79	10.15	11.89
C	14.03	10.28	14.2	16.3

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	1.31	—2.32	.48
K	2.16	—1.17	1.04
N	4.71	1.35	3.37
B	6.01	1.43	4.32
M	4.64	1.08	3.08
I	4.72	.55	3.34
E	6.13	2.44	4.64
D	7.86	5.16	7.69
L	7.45	4.17	6.01
J	9.4	5.55	8.31
H	10.78	6.8	9.56
G	12.55	7.97	11.14
F	13.22	9.14	11.49
C	17.96	13.88	17.38

TABLA XII
INDICE DE AMARILLO (II)

	<i>Beckman</i>	<i>Hiluchi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	18.65	14.5	20.51	18.6
K	17.72	16.13	20.93	21.35
N	21.6	19.01	23.86	23.16
B	24.18	18.06	24.2	23.41
M	20.13	17.77	23.05	22.87
I	19.98	17.99	22.84	23.9
E	22.64	19.97	24.28	26.05
D	26.13	21.12	27.33	26.72
L	24.46	21.73	25.9	27.66
J	25.03	22.04	27.21	28.51
H	27.59	26.03	29.57	28.15
G	29.73	27.62	31.62	31.97
F	29.61	26.25	31.21	33.76
C	35.2	31.01	35.55	38.56

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	21.96	17.6	20.72
K	22.86	18.81	21.34
N	25.57	21.54	23.86
B	27.01	21.63	24.86
M	25.52	21.23	23.52
I	25.56	20.66	23.78
E	27.2	22.71	25.19
D	29.03	25.6	28.45
L	28.69	24.56	26.74
J	30.7	26.01	29.2
H	32.18	27.33	30.5
G	34.13	28.63	32.22
F	34.91	29.92	32.68
C	40.02	35.04	39.03

TABLA XIII
FORMULA DE TAUBE (I)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	75.28	66.98	61.38	67.02
K	77.72	63.51	58.81	61.83
N	65.67	52.74	50.64	58.46
B	57.91	54.93	50.42	58.49
M	67.14	56.58	50.84	56.82
I	63.49	51.43	49.09	54.21
E	59.29	49.43	47.92	46.71
D	49.27	46.92	41.26	49.64
L	53.24	44.37	41.82	41.72
J	49.99	43.81	38.77	41.7
H	42.58	33.93	32.32	44.62
G	35.41	29.96	28.02	33.64
F	36.06	33.45	28.21	29.66
C	21.85	22.73	19.36	20.64

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	62.3	64.69	57.4
K	59.5	59.29	55.76
N	51.18	52.63	49.38
B	47.34	52.58	46.52
M	49.26	51.09	47.6
I	46.84	51.23	46.7
E	45.98	47.92	43.79
D	43.28	42.24	38.3
L	40.94	40.55	38.36
J	36.92	38.82	33.94
H	32.88	34.55	30
G	28.2	31.87	25.79
F	26.2	27.51	24.96
C	15.92	17.91	12.7

TABLA XIV
FORMULA DE TAUBE (II)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	26.67	27.24	20.49	26.02
K	28.98	24.55	19.2	22.91
N	19.44	17.49	12.34	19.51
B	13.49	18.71	12.55	19.5
M	22.53	20.48	13.98	19.75
I	20.21	17.99	13.36	18
E	15.57	15.43	11.63	13.29
D	6.3	12.61	5.18	12.71
L	12.28	12.18	8.44	10.5
J	8.75	11.16	5.04	8.63
H	4.39	3.47	.44	10.06
G	—75	1.54	—2.05	3.73
F	.88	4.46	—8	1.89
C	—11.26	—3.7	—8.13	—4.84

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	21.64	24.33	18.87
K	19.54	20.76	17.71
N	13.14	15.41	12.68
B	10.53	15.35	10.49
M	12.94	15.2	12.47
I	11.88	15.91	11.69
E	10.5	12.59	9.21
D	6.93	6.95	3.13
L	7.95	8.35	6.7
J	3.62	5.68	2.3
H	.69	2.94	—39
G	—2.26	1.07	—3.01
F	—2.87	—8	—2.84
C	—11.03	—8.8	—12.51

TABLA XV
FORMULA DE STENSBY

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	53.12	47.3	50.56	57.03
K	54.54	46.88	49.68	60.34
N	49.72	41.67	44.17	58.3
B	46.99	40.99	45.89	59.11
M	51.83	44.62	45.57	58.79
I	46.79	41.02	43.7	58.31
E	45.93	40.3	44.25	54.45
D	39.06	36.77	39.58	54.85
L	45.77	38.42	42.15	52.71
J	40.09	36.66	38.35	50.94
H	39.23	30.12	34.6	53.33
G	34.68	29.61	34.18	48.91
F	37.34	32.97	35.11	48.53
C	28.39	25.55	29.75	43.95

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>
A	58.37	50.05	48.75
K	56.93	46.9	48.29
N	51.86	43.82	45.23
B	50.77	44	43.53
M	51.47	42.83	43.96
I	49.23	43.01	42.96
E	51.3	41.56	41.65
D	49.33	37.73	38.49
L	49.87	37.66	40.45
J	46.29	35.86	37.65
H	43.76	33.23	34.78
G	41.92	32.58	32.82
F	41.69	30.73	33.78
C	36.07	25.67	26.88

TABLA XVI
FORMULA DE HUNTER

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	58.28	55.92	52.34	55.57
K	59.54	54.06	51.13	53.07
N	53.67	48.48	46.69	51.07
B	49.86	49.59	46.63	51.08
M	54.76	50.63	47.03	50.54
I	53.03	48.11	46.19	49.16
E	50.68	46.72	45.42	45.16
D	45.5	45.13	41.63	46.32
L	47.79	43.93	42.2	42.43
J	46	43.51	40.37	42.16
H	42.23	37.7	36.69	43.72
G	38.39	35.35	34.16	37.55
F	38.76	37.5	34.27	35.19
C	30.91	30.84	28.88	29.48

	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>	<i>Cotton Colorimeter</i>
A	52.91	54.38	50.55	45.8
K	51.46	51.66	49.69	44.6
N	47.04	48.01	46.2	39.6
B	45.01	47.98	44.64	39.2
M	46.19	47.35	45.4	36.7
I	44.98	47.55	44.89	35.8
E	44.4	45.56	43.22	35.2
D	42.75	42.25	40.01	32.5
L	41.72	41.57	40.3	31.7
J	39.32	40.44	37.65	30.4
H	37.01	38.01	35.34	24
G	34.28	36.45	32.81	20.6
F	33.06	33.84	32.27	19.6
C	26.79	27.93	24.59	8.4

TABLA XVII
FORMULA DE CROES (II)

	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Colormaster</i>
A	69.41	56.86	58.	57.41
K	69.51	55.77	56.15	53.17
N	66.02	50.64	54.62	53.3
B	63.39	52.13	53.69	53.14
M	63.47	51.69	52.35	50.38
I	62.08	48.02	50.93	48.98
E	62.65	48.87	51.53	45.16
D	62.04	49.59	51.52	50.28
L	58.32	46.27	47.26	41.91
J	59.43	47.1	48.17	44.89
H	54.71	44.24	45.62	46.74
G	52.01	41.15	42.73	39.95
F	50.2	41.76	41.06	36.52
C	47.62	38.36	38.99	33.19
	<i>Harrison</i>	<i>Coloreye</i>	<i>Elrepho</i>	
A	56.11	57.53	54.67	
K	55.16	55.05	53.96	
N	52.75	53.25	52.07	
B	50.85	53.24	51.19	
M	50.22	51.4	49.92	
I	48.57	50.55	49.83	
E	48.7	50.59	49.23	
D	50.05	50.73	50.17	
L	44.95	46.19	44.82	
J	45.74	47.69	44.89	
H	44.28	45.58	43.25	
G	41.7	44.33	40.94	
F	39.53	40.7	39.24	
C	36.5	38.42	35.55	

aquellas constantes que dan una distribución mejor. Tuvo que elegirse el sistema de apreciación visual ya que los tanteos que se realizaron sobre criterios estadísticos no dieron los resultados prácticos que se esperaban.

Los valores del grado de blanco de estas fórmulas se indican en las tablas XVIII a XX indicando en cada aparato el valor óptimo de la constante.

Todos los cálculos fueron realizados con un ordenador Hewlet-Packard modelo 2114A.

4. DISCUSION

4.1. Longitud de onda dominante

De acuerdo con los valores de longitud de onda dominante puede observarse que ésta se encuentra, para el conjunto de ensayos efectuados, entre 573-583 nm., lo cual sitúa a las lanas en la zona del amarillo. Las longitudes de onda dominante varían según el aparato empleado.

4.2. Criterios de clasificación de las inversiones

Dada la índole de este trabajo la selección del aparato y la fórmula más adecuada debe de basarse en que la clasificación obtenida sea igual a la efectuada por los expertos; en principio, pues, éste será un criterio determinativo. No obstante, en aquellos casos que el conjunto aparato-fórmula produzca inversiones en la clasificación de las lanas, hemos creído oportuno el considerar unos criterios para discriminar el valor de esta inversión. Dado que la posición media de las lanas no es equidistante y que la desviación típica de cada lana es diferente, tal como puede apreciarse en la Tabla I, la importancia de la inversión podría deducirse del valor de las áreas comunes de sus curvas de distribución, lo cual puede calcularse admitiendo una distribución de tipo Gaussiano y con los parámetros existentes en la Tabla I; de acuerdo con este criterio el valor de la inversión será tanto menor cuanto mayor sea el área común de las distribuciones. Otro criterio sería el de establecer la clasificación de las inversiones de acuerdo con la posición media de cada muestra y la magnitud del cambio de la inversión, en la forma siguiente:

Inversiones aceptables (A). Cuando la diferencia entre la posición media es menor de 0,1 - Lanas M-I.

Inversiones dudosas (D). Cuando la diferencia de la posición media está comprendida entre 0,1 y 0,6 - Lanas A-K; N-B; M-I-E; D-L; L-J y G-F.

Inversiones inaceptables (U). Todas las demás.

N.I. se usará para no indicar inversión.

Las inversiones repetidas serán especificadas por el número de repeticiones que serán representadas en la Tabla, antes del tipo de inversión observada.

4.3. Clasificación de los resultados obtenidos

De acuerdo con los criterios establecidos se ha obtenido la clasificación que se indica en la Tabla XXI para las fórmulas de coeficiente fijo y en la tabla XXII para las fórmulas de coeficiente optimizable.

TABLA XVIII
FORMULA DE JACQUEMART

	<i>Beckman</i> <i>K = 3</i>	<i>Hitachi</i> <i>K = 1</i>	<i>PMQ II</i> <i>K = 5.5</i>	<i>Colormaster</i> <i>K = 11</i>
A	19.47	35.89	31.4	35.17
K	20.42	36.36	33.4	36.11
N	21.42	40.78	35.73	38.54
B	24.15	39.4	36.79	39.13
M	25.18	40.24	37.77	40.58
I	26.87	44.3	39.42	43.86
E	25.1	42.41	39.17	52.83
D	26.37	40.89	42.42	53.49
L	29.77	44.68	44.57	59.54
J	28.71	43.48	45.07	62.51
H	34.15	45.06	50.07	60.5
G	37.63	48.22	54.66	76.73
F	39.24	48.08	55.09	82.6
C	44.51	50.25	62.53	101.23

	<i>Harrison</i> <i>K = 5.5</i>	<i>Coloreye</i> <i>K = 9</i>	<i>Elrepho</i> <i>K = 5.5</i>
A	32.55	36.37	35.24
K	33.74	36.46	35.87
N	38.2	37.26	38.35
B	41.46	37.33	39.91
M	40.59	39.28	40.64
I	42.46	40.24	40.86
E	43.39	41.24	42.2
D	45.01	47.27	45.12
L	48.12	48.29	47.58
J	50.5	50.36	49.9
H	53.84	55.24	52.83
G	58.3	59.46	56.59
F	60.32	64.2	58.05
C	70.38	80.87	69.13

TABLA XIX
FORMULA DE MCADAM

	<i>Beckman</i> <i>K = 3.8</i>	<i>Hitachi</i> <i>K = 7.9</i>	<i>PMQ II</i> <i>K = 7.9</i>	<i>Colormaster</i> <i>K = 7.9</i>
A	87.34	76.11	74.49	75.32
K	87.29	74.97	72.82	72.05
N	85.38	70	69.62	71.24
B	83.76	71.44	68.89	71.17
M	83.52	71.4	68.35	69.28
I	82.39	68.18	67.03	67.64
E	83.03	68.17	66.85	62.62
D	82.6	68.09	64.04	66.62
L	80.05	65.07	61.74	58.23
J	80.62	65.56	60.8	59.87
H	77.07	60	55.29	62.39
G	74.58	55.57	49.74	51.46
F	73.27	57.82	48.46	45.45
C	69.87	48.49	36.49	28.92

	<i>Harrison</i> <i>K = 9.7</i>	<i>Coloreye</i> <i>K = 9.7</i>	<i>Elrepho</i> <i>K = 9.7</i>
A	73.73	74.91	71.7
K	72.51	72.39	70.78
N	68.54	69.58	67.69
B	66.12	69.56	66.08
M	66.5	68.02	65.78
I	64.54	67.66	65.57
E	64.19	66.54	63.83
D	63.81	64.3	61.73
L	59.59	60.74	58.43
J	57.72	60.78	55.71
H	54.07	57.09	51.75
G	48.29	54.24	46.24
F	44.39	48.24	43.68
C	25.27	34.25	15.3

TABLA XX
FORMULA DE SELLING

	<i>Beckman</i> $K = 8.5 \times 10^6$	<i>Hitachi</i> $K = 8.5 \times 10^6$	<i>PMQ II</i> $K = 8.5 \times 10^6$	<i>Colormaster</i> $K = 8.5 \times 10^6$
A	63.42	56.13	53.59	54.32
K	64.41	54.46	51.75	47.83
N	58.33	48.17	48.14	46.49
B	53.96	49.94	47.02	45.98
M	58.08	49.89	46.94	44.08
I	57.16	46.24	45.94	41.85
E	55.14	45.99	45.24	36.76
D	51.02	45.78	42.57	40.65
L	50.33	42.52	40.23	32.28
J	50.57	43.02	40	34.55
H	44.72	37.53	35.78	36.22
G	40.63	33.58	31.32	26.46
F	39.32	35.22	30.2	21.11
C	31.6	28.25	24.27	13.04

	<i>Harrison</i> $K = 8.5 \times 10^6$	<i>Coloreye</i> $K = 8.5 \times 10^6$	<i>Elrepho</i> $K = 8.5 \times 10^6$
A	50.09	55.31	50.69
K	48.57	52.36	49.61
N	44.4	48.92	46.02
B	41.42	48.84	44.46
M	42.34	47.53	44.51
I	41.11	47.16	44.25
E	39.31	45.76	42.59
D	38.7	43.56	40.43
L	34.58	40.51	37.4
J	33.62	40.68	35.37
H	31.04	37.77	32.85
G	26.82	35.59	29.24
F	24	31.29	27.19
C	16.01	24.55	17.61

TABLA XXI

Clasificación de las inversiones de fórmulas a coeficiente fijo

APARATOS

Fórmula	Beckman	Hiachi	PMQ II	Color-master	Harrison	Color-Eye	Eirepho	Cotton-Co-lorimeter
Berger (I)	U-D	U	NI	3U	U	NI	U	—
Berger (II)	3U-2D	2U-D	U-2D	3U	U	U-D	U-D	—
Simple Fórmula de Croes	U-3D	2U-D	U-D	2U	2U-D	U-2D	U-D	—
Stephansen (I)	U-D	2U-D	D	U-3D	U-D	D	NI	—
Stephansen (II)	U-D	U	NI	2U-D	U	NI	U	—
Indice de amarillo (I)	3U-2D	2U-D	3U-2D	2U	U-D	2U-D	2U-D-A	—
Indice de amarillo (II)	3U3D-A	3U-D	3U-D-A	2U	2U-D	2U-D-A	2U-D	—
Taube (I)	2U-4D	U-D	U-2D	U-D	U	A	U-D	—
Taube (II)	3U-2D	3U	2U-D	2U	U-D	U-D	U-2D	—

TABLA XXI (Continuación)

APARATOS								
<i>Fórmula</i>	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Color-master</i>	<i>Harrison</i>	<i>Color-Eye</i>	<i>Elrepho</i>	<i>Cotton-Colorimeter</i>
Stensby	2U-2D	3U-2D	2U-3D	3U-D	2U-D	D-A	U-2D	—
Hunter	2U-3D	2U-D	U-2D	2U-D	U	A	U-D	NI
Croes (II)	U-3D	2U-D	U-D	3U	U-2D	U-2D	U-D	—

TABLA XXII

APARATOS								
<i>Fórmula</i>	<i>Beckman</i>	<i>Hitachi</i>	<i>PMQ II</i>	<i>Color-master</i>	<i>Harrison</i>	<i>Color-Eye</i>	<i>Elrepho</i>	<i>Cotton-Colorimeter</i>
Jacquemart	U-2D	3U-2D	U	NI	U	D	A	—
McAdam	U-2D	2D	NI	2U-D	U	D	NI	—
Selling	U-2D	U-D	NI	2U-D	U	D	D	—

Tal como puede apreciarse en la Tabla XXII, la clasificación obtenida sin que se produzca ninguna inversión es la conseguida mediante las combinaciones siguientes:

<i>Aparato</i>	<i>Fórmula</i>
PMQ	Berger II - Stephansen II
Color-Eye	Berger I - Stephansen II
Elrepho	Stephansen I
Cotton Colorimeter	Hunter

Otras combinaciones que han producido solamente inversiones aceptables, podrían también entrar en consideración; ellas pueden deducirse de la observación de la Tabla XXI.

En el caso de las fórmulas con coeficientes optimizables las combinaciones que no producen inversiones son las siguientes:

<i>Aparato</i>	<i>Fórmula</i>
PMQ II	McAdam $k = 9 \cdot 7$ Selling $k = 8 \cdot 5 \cdot 10^6$
Colormaster	Jacquemart $k = 11$
Elrepho	McAdam $k = 9 \cdot 7$

Análogamente a como hemos indicado anteriormente existen otras combinaciones que dan clasificaciones aceptables.

5. CONCLUSION

Las conclusiones que se derivan de este trabajo pueden resumirse de la manera siguiente:

— La localización de las lanas sin blanqueadores ópticos, dentro del diagrama cromático, las sitúa en la zona del blanco-amarillo.

— Se han determinado una serie de combinaciones aparato-fórmula de blanco, capaces de efectuar una clasificación de las lanas según su grado de blanco, igual a la obtenida por la observación visual de los expertos.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo agradecen al Secretariado Internacional de la Lana la ayuda económica que ha hecho posible este trabajo; así como a las Srtas. Carmen Miliá y Carmen Escamilla por su ayuda en llevar a cabo la parte experimental.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Rapport «Grado de blanco», Comité Técnico F.L.I. París, diciembre 1970.
- (2) Saunderson, J. L. and Milner, B. I., J. Opt. Soc. Am., **36**, 36 (1946).
- (3) Zeiss. — Catálogo Fotómetro Fotoeléctrico de Remisión Elrepho.

- (4) Cegarra, J. y Ribé, J., Parámetros ópticos en lanas blanqueadas. Trabajo no publicado.
- (5) Judd, D. B. and Wyszecki, G., Color in business science and industry. New York. Jhon Wiley & Sons (1963).
- (6) Wyszecki, G. and Stiles, W. S., Color Science. New York. John Wiley & Sons (1967).
- (7) Zeiss. Colorimetría con los fotómetros de filtros Elrepho y Elko II. Catálogo n.º 50-6685.
- (8) Berger, A., Die Farbe, **8**, 95 (1959).
- (9) Anders, G. and Paul, C., Rev. Quim. Textil, **22**, 27 (1971).
- (10) Croes, A. W., J. Opt. Soc. Am., **49**, 830 (1959).
- (11) Stephansen, A., Papier J., 2 (1938) and 3 (1939).
- (12) Scheithaner, Bast Faser, **1**, 136 (1941).
- (13) Hunter, R. S., J. Opt. Soc. Am., **9**, 597 (1938).
- (14) Judd, D. B., Nat. Bur. Standards, Circ., marzo, 478 (1960).
- (15) Stensby, P. S., Soap and Chem. Specialities, **43**, 80 (1967).
- (16) Hunter, R. S., J. Opt. Soc. Am., **48**, 597 (1958).
- (17) Jacquemart, J., Bull. I.T.F., **103**, 115 (1962).
- (18) Fargues, A. and Bonte, E., Bull. I.T.F., **111** 249 (1964).
- (19) Ponches, P. and Nguyen Minh Man, Bull. I.T.F., **136**, 377 (1968).
- (20) Selling, H. J. and Friele, L.F.C., Appl. Sci. Res., B1, 45 (1950).

